

УДК 621.81

Б. Гевко, докт. техн. наук; О. Ляшук, канд. техн. наук; І. Гевко, канд. техн. наук; А. Колесник, канд. техн. наук; І. Кучвара

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛ НАТЯГУ КАНАТІВ ПРИ РОБОТІ НАТЯЖНИХ МЕХАНІЗМІВ МАШИН

Резюме. Наведено конструкцію стенда для дослідження характеристик гвинтових опор при вирощуванні хмелю, винограду, натягування ліній радіо- й електропередач та інше. Виведено аналітичні залежності для визначення силових, конструктивних і технологічних параметрів натяжних лебідок машин різного службового призначення для трьох розповсюджених схем їх роботи.

Ключові слова: натягування канатів, стенд, гвинтові опори.

B. Gevko, O. Lyashuk, I. Gevko, A. Kolesnuk, I. Kuchvara

STUDY OF FORCES AT WORK BOXING TENSION TENSION MACHINES MECHANISMS

The summary. A stand construction for investigating the characteristics of screw supporting structures in growing hop, grapes, mounting lines of radio and electrical transmitting and others was shown. Analytical dependencies for determining power, constructional and technological parameters of tensioning winches of machines for various official purposes with three widely spread schemes of their work are derived. Three versions of using hoisting-transporting winches were considered to provide their reliability and analytical dependencies for calculation power kinematic and constructional parameters were derived. The stand for investigating characteristics of screw supporting structures of hoisting-transporting winches was made in the form of a mainframe to which main units and devices are joined. A cylindrical reduction gearbox with a driving drum, which are fixed in a box like mainframe is mounted rigidly on the mechanism body's top left side. A rope end is fixed rigidly to the driving drum with possible rotation and winding using a handle. Between left side of the driving drum and left pillar of the mechanism body a ratchet-wheel is mounted rigidly on a ratchet sleeve. The ratchet wheel interacts with a pawl supported by a spring to the wheel. To the left of the driving drum opposite to it on the same height a roller is mounted directing the rope's motion. This roller is installed on the axis with a possible rotation. The value of the axial displacement of the guide roller is equal to the length of the driving drum with a possible uniform placement of the rope on it. The axis is rigidly installed on two pillars and fast fixed on the top to the body by well-known methods. Lower guide roller for the rope directing with possible regulating its position in vertical and horizontal planes is rigidly mounted on the mainframe's bottom opposite to the guide roller by the well-known methods. A hook connecting the rope with a dynamometer for measuring tension force value on screw support is rigidly fixed further on the left along the rope. The other end of dynamometer is joined to the hook and the rope which is rigidly fixed to the screw support pin. Through a hole a screw by which the screw support is tightened into the soil is rigidly welded to the screw support. The hole of the screw support is on the minimal height over the soil level to prevent its excessive bending. A tripod signal pyramid is used to investigate the strength of screw support pin and the screw itself and also the rigidity of the weld by which the screw is fixed to the screw support. The pyramid is mounted over the screw support on the top of which a bearing roller on the axis with possible circular rotation. Besides the axis is parallel to the axis of the driving drum and is mounted on the same height. And two supports of tripod signal pyramid are placed on the top of the screw support axis for normal load receive. On the right end on the mainframe the analytic-digital transformer and computer are installed to fix the rope tension force

by dynamometer while investigating both the value of force of screw support resistance and screw rigidity by well-known methods.

Key words: tensioning of ropes, stand, spiral supports.

Умовні позначення

T_1 – натяг каната, Н;

F_{mp} – сила тертя ковзання вантажу по площині, Н;

m – маса вантажу, кг;

μ – коефіцієнт тертя ковзання;

m_1 – маса каната, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

γ – густина матеріалу каната, кг/мм³;

S – площа поперечного перерізу каната, мм²;

l – довжина каната, мм;

R_1 – радіус барабана, мм;

R_2 – довжина рукоятки, мм;

T_2 – натяг троса, Н;

a – прискорення, що виникає внаслідок швидкого піднімання вантажу, м/с².

Постановка проблеми. Піднімально-транспортні машини і механізми є основою механізації та автоматизації виробництва в народному господарстві країни. Від правильного вибору й розрахунку механізмів машин залежить їх експлуатаційна надійність і довговічність, економічна доцільність і продуктивність праці. Для дослідження процесів натягування канатів у польових умовах для перерахованих вище потреб необхідно дослідити навантажувальну здатність гвинтових опор, які використовуються для цих цілей і визначити їх конструктивні й силові можливості. Тому ми розробили конструкції опор і стенд для дослідження цих механізмів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання надійності й довговічності піднімально-транспортної техніки різного службового призначення присвячені праці ряду авторів [1–3]: Савіна Г.Н., Горошка О.А. [1], Булгакова В.М. і Головача І.В. [2], Іванченка Ф.К. [3], Павлище В.Т. [4] та багато інших. У працях цих авторів викладено загальні основи конструювання й розрахунку деталей та окремих елементів машин загального призначення, пов'язаних із натягуванням канатів.

Мета досліджень. Вироблення теоретичних передумов забезпечення надійної роботи піднімально-транспортних машин, які широко використовуються в різних галузях народного господарства для натягування канатів – при вирощуванні хмелю, винограду, натягу ліній радіо- й електропередач у ремонтних операціях та ін..

Роботу виконано згідно з постановою Кабінету Міністрів України «Про розвиток сільськогосподарського машинобудування і забезпечення агропромислового комплексу конкурентноздатної технікою» на 2010–2015 роки.

Результати досліджень. Для забезпечення надійної роботи піднімально-транспортних лебідок розглянуто три варіанти їх використання й виведено аналітичні залежності для розрахунку силових кінематичних і конструктивних параметрів. Стенд для дослідження характеристик гвинтових опор піднімально-транспортних лебідок (рис. 1) виконано у вигляді корпусу 1, до якого приєднано основні вузли і прилади. Зверху корпусу, з лівого боку зверху жорстко встановлено циліндричний редуктор 2 з приводним барабаном 3, які вмонтовані в коробчастому корпусі 4. До приводного барабана жорстко закріплено кінець каната 5 з можливістю його обертання й намотування на нього з використанням рукоятки 6.

Між лівою стороною приводного барабана 3 і лівою стійкою 4 коробчастого корпусу 4 жорстко на храповій втулці 8 встановлено храпове колесо 9, що взаємодіє з храповою собачкою 10, яка підтискується пружиною 11 до храпового колеса.

З лівого боку від приводного барабана 3 навпроти нього на його висоті встановлено направляючий ролик 12 руху каната 5, який встановлено на осі 13 з можливістю кругового обертання. Величина осевого переміщення направляючого ролика дорівнює довжині приводного барабана з можливістю рівномірного укладання на ньому каната 5. Вісь 13 жорстко встановлена на двох опорах 14 і жорстко закріплена зверху до корпусу 1 відомими способами. Знизу на корпусі навпроти направляючого ролика 12 жорстко встановлено нижній направляючий ролик 15 для направлення каната з можливістю регулювання його положення у вертикальній і горизонтальній площинах відомими способами.

Далі зліва по ходу каната 5 жорстко встановлено гак 16, що з'єднує канат 5 з динамометром 17, який служить для заміру величини зусилля натягу на гвинтовій опорі.

Другим кінцем динамометр 17 жорстко з'єднаний з гаком 18 і канатом 5, який жорстко приєднаний до штиря гвинтової опори 20. Через отвір 21 до гвинтової опори жорстко приварено гвинт 22, яким гвинтова опора загвинчена в ґрунт. Отвір 21 гвинтової опори виконано на мінімальній висоті над рівнем ґрунту для запобігання її надмірному згину.

Для дослідження міцності штиря гвинтової опори 20 й окремо гвинта 22 та міцності зварного шва 23, яким гвинт приводиться до гвинтової опори, використовують трикутну піраміду 24. Остання встановлена над гвинтовою опорою 20, зверху якої жорстко

встановлено опорний ролик 25 на осі 26 з можливістю кругового обертання. Причому вісь 26 є паралельною до осі приводного барабана 3 і встановлена на тій самій висоті.

Крім того, дві опори трикутної піраміди 24 розміщені зверху від осі гвинтової опори 20 для нормального сприйняття навантаження.

З правого кінця на корпусі 1 встановлено аналітично-цифровий перетворювач 28 і комп'ютер 27 для фіксації зусилля натягу каната 5 динамометром 17 при дослідженні величини сили опору гвинтової опори 20, а також міцності гвинта 22 відомими способами.

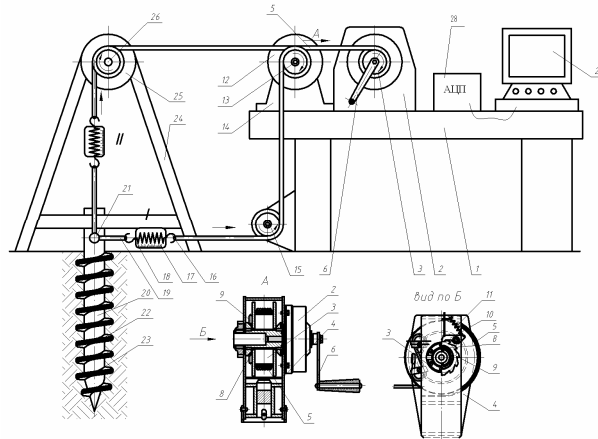


Рисунок 1. Стенд для дослідження характеристик гвинтових опор лебідок

Figure 1. Stand to study the characteristics of spiral support winches

Робота стенда для дослідження характеристик гвинтових опор піднімально-транспортних лебідок здійснюється таким чином. Для відпрацювання конструкції стенда і методики проведення досліджень стенд бажано встановити в приміщенні ґрунтового каналу, де можна, гвинтову опору 20 загвинчувати в ґрунті, де є сприятливі умови для проведення досліджень і бути захищеними від опадів.

На рис. 2 наведена розрахункова схема використання транспортної лебідки для транспортування вантажів по горизонтальній площині.

Робота стенда здійснюється таким чином. Гвинтову опору 20 загвинчують в ґрунт, а до її отвору 21 під'єднують канат 5 з динамометром 17, а до другого кінця динамометра під'єднують канат 19 і направляють його через направляючі ролики 12 і 15, а далі – до приводного барабана 3. Після цих підготовчих операцій за допомогою рукоятки 6 здійснюють накручування каната на приводний барабан. При цьому необхідно слідкувати за гвинтовою опорою 20 і фіксувати покази динамометра на комп'ютері. При відхиленні її від вертикалі більше допустимої величини дослідження припиняють і встановлюють граничні значення сили опору гвинтової опори, швидкість і шлях переміщення каната. Ця серія досліджень наведена на рис. 2.

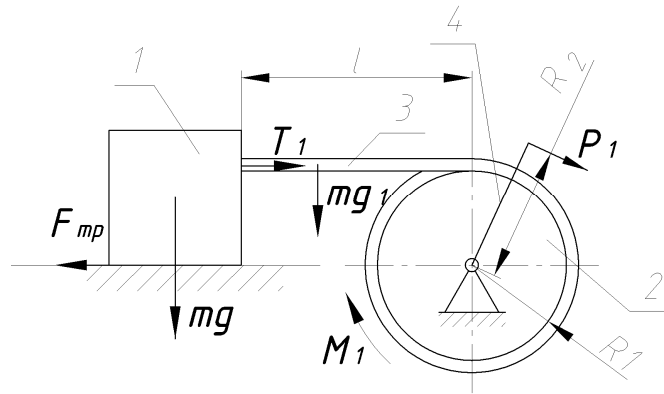


Рисунок 2. Розрахункові схеми використання піднімально-транспортної лебідки для транспортування вантажів по горизонтальній площині:

1 – вантаж; 2 – барабан, на який намотується трос; 3 – трос; 4 – рукоятка

Figure 2. Calculated scheme of lifting and transport winch for transporting cargo along the horizontal plane:
1 – weight; 2 – drum on which wound wire; 3 – wire; 4 – handle

Випадок 1. Лебідка перетягує вантаж 1 по горизонтальній шорсткій площині (рис. 2).

Умову рівноваги запишемо таким чином: $T_1 = F_{mp}$,

де T_1 – натяг каната, Н;

F_{mp} – сила тертя ковзання вантажу по площині, Н.

Залежність для визначення натягу троса можна записати у вигляді:

$$T_1 = (m + m_1) \cdot g \cdot \mu \quad (1)$$

де m – маса вантажу, кг;

μ – коефіцієнт тертя ковзання;

m_1 – маса каната, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 .

Маса троса буде дорівнювати

$$m_1 = \gamma S l,$$

де γ – густина матеріалу каната, кг/мм^3 ;

S – площа поперечного перерізу каната, мм^2 ;

l – довжина каната, мм.

Крутний момент на барабані 2 визначаємо з залежності

$$M_1 = T_1 \cdot R_1,$$

де R_1 – радіус барабана, мм.

Силу, яка необхідна для прокручування барабана 2 за допомогою рукоятки 4, визначаємо зі співвідношення $T_1 \cdot R_1 = P_1 \cdot R_2$.

де R_2 – довжина рукоятки, мм.

Друга серія дослідів пов'язана з визначенням сили загвинчення гвинтової опори 20 у ґрунт, визначенням міцності гвинта 22 і зварних швів 23 проводиться за аналогією першої серії дослідів, тільки при цьому канат 19 і динамометр 17 під'єднані вертикально (рис. 3).

Випадок 2. Лебідка піднімає вантаж на деяку висоту (рис. 3).

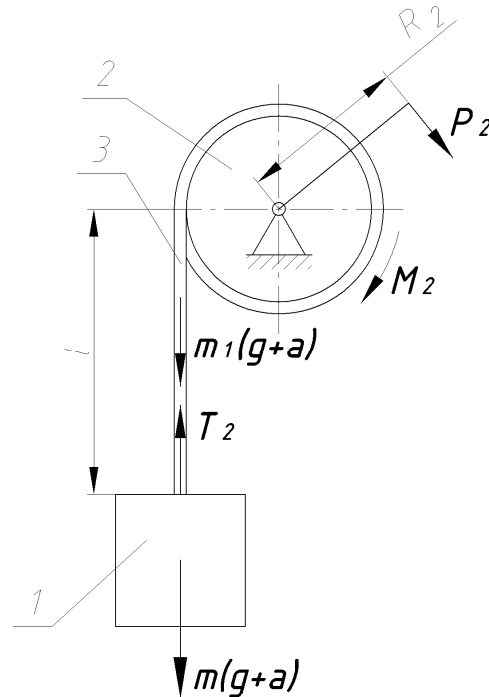


Рисунок 3. Розрахункові схеми використання піднімально-транспортної лебідки для піднімання вантажів

Figure 3. Calculated scheme of lifting and transport winches for lifting loads

Умову рівноваги запишемо таким чином:

$$T_2 = m(g+a) + m_1(g+a), \quad (2)$$

де T_2 – натяг троса, Н;

a – прискорення, що виникає внаслідок швидкого піднімання вантажу, м/с^2 .

Силу P_2 визначимо з залежності

$$P_2 = \frac{(m + m_1)(g + a)R_1}{R_2}. \quad (3)$$

Випадок 3. Лебідка натягує канат (рис. 4).

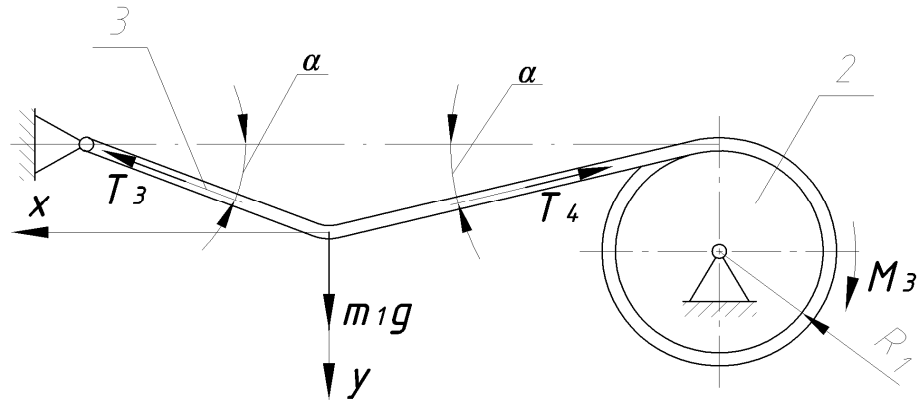


Рисунок 4. Розрахункові схеми використання піднімально-транспортної лебідки натягування канатів при вирощуванні хмелю, винограду та ін.

Figure 4. Calculated scheme of lifting and transport tensioning winch rope for growing hops, grapes, etc.

Умови рівноваги запишемо таким чином:

$$\text{вісь } y: m_1 g - T_3 \sin \alpha - T_4 \sin \alpha = 0;$$

$$\text{вісь } x: T_3 \cos \alpha - T_4 \cos \alpha = 0,$$

де T_3, T_4 – відповідно натяг каната на лівій і правій ділянках, Н.

$$\text{Звідси } T_3 = T_4; \quad m_1 g = 2 T_4 \cdot \sin \alpha.$$

Тоді

$$T_4 = \frac{m_1 \cdot g}{2 \cdot \sin \alpha}. \quad (4)$$

Крутний момент на барабані:

$$M_3 = \frac{m_1 \cdot g \cdot R_1}{2 \cdot \sin \alpha}. \quad (5)$$

Наведені залежності можна використовувати для розрахунку піднімально-транспортної лебідки з гвинтовою опорою, яка може мати широке використання в різних галузях народного господарства при забезпеченні її експлуатаційної надійності, довговічності й розширенні технологічних можливостей.

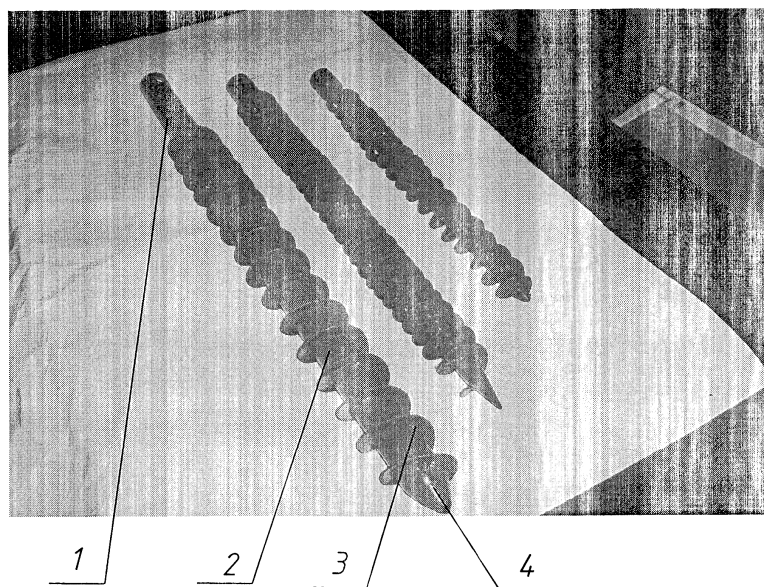


Рисунок 5. Експериментальні зразки гвинтових опор з різними конструктивними параметрами: 1 – корпус опори; 2 – циліндричний стержень; 3 – гвинтова спіраль шнека; 4 – конічна насадка

Figure 5. Experimental models of spiral supports of different structural parameters: 1 – body support; 2 – cylindrical rod; 3 – spiral auger screw; 4 – conical nozzle

Таблиця 1

Конструктивні параметри гвинтових піднімально-транспортних лебідок

№ з/п	T_{up}	D , мм	d , мм	L , мм	l , мм	t , мм
1	1	22	12	400	360	12
2		31	15	400	360	16
3		38	18	500	460	20
4		46	22	500	460	25
5		55	25	600	560	30
6	2	80	40	600	645	50
7		100	60	1100	945	60
8		120	70	1500	1345	70

Висновки:

На основі наведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Розроблена конструкція стенда для дослідження гвинтових опор піднімально-транспортних лебідок в польових умовах, коли гвинтові елементи є опорами, які загвинчуються в ґрунт для натягування канатів.

2. Виведені аналітичні залежності для розрахунку піднімально-транспортної лебідки з гвинтовою опорою, яка може мати широке використання в різних галузях народного

господарства при забезпеченні її експлуатаційної надійності та довговічності і розширенні технологічних можливостей.

3. Наведені експериментальні зразки гвинтових опор з різними конструктивними параметрами.

Conclusions:

On the basis of present research the following conclusions:

1. Designed for stand design study of screw supports lifting and transport winches in the field when the screw elements are supports that are screwing up into the ground for tensioning ropes.

2. Analytical expressions for calculating the lifting and transport winch with helical backbone, which can be widely used in various sectors of the economy while ensuring its operational reliability and durability and expansion of technological capabilities.

3. The experimental samples of spiral supports of different structural parameters.

Список використаної літератури

1. Савин, Г.Н. Динамика нити переменной длины [Текст] / Г.Н. Савин, О.А. Горошко. – К.: Изд-во АН УССР, 1962. – 426с.
2. Булгаков, В.М. Теорія підйомних установок для виробництва гідропонної продукції [Текст] / В.М. Булгаков, І.В. Головач // зб. наук. статей «Сільськогосподарські машини». – Вип. 14. – Луцьк: ЛДТУ, 2006. – С. 22–23.
3. Іванченко, Ф.К. Піднімально-транспортні машини [Текст] / Ф.К. Іванченко. – К.: Вища школа, 1933. – 414с.
4. Павлище, В.Т. Основи конструювання та розрахунку деталей машин [Текст] / В.Т. Павлище. – К.: Вища школа, 1993. – 555с.
5. Патент на корисну модель № 20111. Піднімально-транспортна лебідка [Текст] / І.Б. Гевко, О.А. Колесник, В.О. Дзюра; Опубл. 16.07.2007. Бюл. № 1.

Отримано 01.02.2012